

**DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL Y DE GESTIÓN DE LA CLIMATIZACIÓN EN  
EL SWITCH DE COLON MOVISTAR**

**ALVARO ENRIQUE TEJADA MOLANO**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA  
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA  
SANTIAGO DE CALI  
2006**

**DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL Y DE GESTIÓN DE LA CLIMATIZACIÓN EN  
EL SWITCH DE COLON MOVISTAR**

**ALVARO ENRIQUE TEJADA MOLANO**

**Pasantía para optar al título de Ingeniero Electrónico**

**Director  
FERNANDO CARVAJAL  
Ingeniero Electrónico**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA  
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA  
SANTIAGO DE CALI  
2006**

**Nota de Aceptación:**

Aprobado por el comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la universidad Autónoma de Occidente para Optar al título de Ingeniero Electrónico.

Ing. OSCAR FERNANDO AGREDO  
Firma del Jurado

Ing. FERNANDO CARVAJAL  
Director

Santiago de Cali, 30 de Noviembre de 2006.

Dedico en primer lugar la culminación de este proyecto a Dios, quien me guió con sabiduría por el camino correcto y puso en el, a personas que me brindaron su apoyo incondicional.

A madre y tíos, por su apoyo incondicional durante estos años, pues su comprensión y confianza a través de cada una de las vicisitudes vividas, han hecho posible llevar a cabo esta meta que me permitió abrir muchas puertas a nivel intelectual y personal.

A mi padre, por su confianza y paciencia, que me ayudaron a apresurarme este camino.

A mi hermano, por todos los consejos y apoyo durante todo este tiempo.

A mi novia, Lina María por la colaboración prestada y su apoyo incondicional en la realización de cada una de las fases del presente trabajo.

Finalmente, a mis amigos cercanos quienes esperaron ansiosamente este momento y a aquellas personas que en estos años hicieron parte de este proyecto de vida que culmino.

## **AGRADECIMIENTOS**

Expreso mis agradecimientos a:

A, Oscar Fernando Agredo Satizabal, Ing. Electrónico, Director del Programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad Autónoma de Occidente.

A, Oscar Medina, Ingeniero Electrónico, Gerente de Operaciones del sur occidente de Telefónica Movistar.

A, Henry Morales, Ingeniero Eléctrico, Ingeniero de Mantenimiento del RF en Telefónica Movistar.

A, Jorge Iván Velandia, Ingeniero Electrónico, Coordinador de la sección de Automatización de la Universidad Autónoma de Occidente.

A, Sandra Pereira, Directora del Centro de Atención al cliente de Telefónica Movistar seccional Cali.

## CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	11
INTRODUCCIÓN	12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
2. OBJETIVOS	14
2.1. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO	14
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO	14
3. JUSTIFICACIÓN	15
4. METODOLOGÍA	16
5. MARCO TEÓRICO	17
5.1. DESCRIPCIÓN DE SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO	17
5.1.1 El funcionamiento de aire acondicionado	17
5.1.2 Plc ( <i>control lógico programado</i> )	18
6. MARCO CONCEPTUAL	22
6.1. DEFINICIONES	22
7. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES	23
8. ESTADO ACTUAL DE LAS ÁREAS A AUTOMATIZAR	24
8.1. INFORMACIÓN DE LOS FABRICANTES	25
8.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS EQUIPOS Y LAS ÁREAS A CLIMATIZAR	25
8.3. CÁLCULOS DE VERIFICACIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO	25
8.4. EXIGENCIAS	27
9. ESTRATEGIA DE CONTROL	28

9.1. REQUERIMIENTOS PARA EL SISTEMA DE CONTROL	28
10. PRUEBAS Y ENSAYOS DE RIGOR	32
11. PRESUPUESTO	33
12. CONCLUSIONES	34
13. RECOMENDACIONES	35
BIBLIOGRAFÍA	36
ANEXOS	37

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Información de cargas térmicas para las salas	24



## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Sistema de funcionamiento completo de A.A.	18
<b>Figura 2.</b> Diagrama de bloques del las salas	30
<b>Figura 3.</b> Diagrama de flujo del programa de control	31

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 1.</b> Cuadro de análisis de cargas térmicas por rack.	37
<b>Anexo 2.</b> Funcionamiento de las alarmas.	38
<b>Anexo 3.</b> Plano del sistema de control.	39
<b>Anexo 4.</b> Tablero de operación.	40
<b>Anexo 5.</b> Diagrama de estados.	41
<b>Anexo 6.</b> Diagrama de estados y ecuaciones del programa.	42
<b>Anexo 7.</b> Definición de entradas y salidas para logo!	43
<b>Anexo 8.</b> Programa para el plc (logo230xx).	44
<b>Anexo 9.</b> Continuación del programa para el plc (logo230xx).	45

## RESUMEN

Un problema muy común en las empresas donde hay una gran cantidad de equipos de informática o comunicaciones, es mantener la temperatura del recinto constante, tanto para el bienestar del personal que lo ocupa como para prologar la vida útil de los equipos. En este documento, se plantea una solución para implementar un sistema de control que permita mantener la temperatura constante dentro de las salas de conmutación *Nokia* y *Plataforma* en las instalaciones de Telefónica S.A. Debido a que los equipos de conmutación funcionan las 24 horas y los 365 días del año, es necesario tener dos equipos de aire acondicionado uno en espera y el otro en funcionamiento con la posibilidad de realizar un intercambio en caso de presentarse alguna anomalía o solo por preservar la vida útil de los mismos. Éstos son controlados por medio de un controlador lógico programable llamado logo, el cual es el encargado del encendido y apagado de los equipos de Aire Acondicionado y de asignar las alarmas correspondientes, en caso de presentarse alguna anomalía. Para el funcionamiento del logo es necesario realizar un programa, el cual es escrito en la memoria del controlador lógico. Las ventajas que ofrece este controlador, son la posibilidad de alternar el funcionamiento de los equipos y la prevención por medio de rutinas de mantenimiento de los mismos, que favorezcan el buen funcionamiento tanto de los equipos de aire acondicionado como de los de conmutación, puesto que de los primeros depende que la temperatura de la sala sea la requerida por los fabricantes.

## **INTRODUCCIÓN**

Los sistemas de aire acondicionado se han convertido en equipos esenciales no solo para usuarios si no también para el mejor desempeño de equipos electrónicos. Tal es el caso de los equipos de aire acondicionado requeridos por usuarios y equipos de conmutación telefónica instalados en las instalaciones de la central telefónica de Cristóbal Colón de la empresa Telefónica S.A.

Teniendo en cuenta que este tipo de áreas funcionan las 24 horas, los 365 días al año, se requiere que la operación del sistema de aire acondicionado sea de forma automática, que permitan brindar confort y adecuado ambiente tanto a usuarios como a equipos electrónicos.

Adicionalmente con esto se obtienen beneficios tales como alternancia de funcionamiento de equipos, redundancia y prevención de rutinas de mantenimiento.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La empresa Telefónica S.A., cuenta con su central telefónica principal para la ciudad de Cali, ubicada en el barrio Cristóbal Colón.

En esta central se maneja todo el tráfico telefónico desde, hacia y en la propia red de telefonía celular que tenga que ver con los abonados de la ciudad de Cali.

Resulta por ende de gran importancia mantener los equipos de conmutación en óptimas condiciones de operación. Sin embargo, uno de los principales sistemas de soporte, como lo es el de aire acondicionado, viene presentando inconvenientes de funcionamiento debido a que el control de los sistemas del mismo es operado de forma completamente manual y a criterio de cada uno de los funcionarios. Lo anterior trae como consecuencia una serie de variaciones abruptas de temperatura, las cuales afectan el funcionamiento de los sistemas informáticos y de comunicación, por fuera de los valores recomendados por el fabricante, produciendo con ello un descenso en la prestación del servicio, caída de llamadas, congestión de tráfico telefónico, pérdida de datos y el deterioro paulatino de los equipos, constituyéndose todo esto como pérdidas económicas para la empresa.

## **2. OBJETIVOS**

### **2. 1. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO**

Llevar a cabo la ingeniería básica requerida para implementar un sistema de control automático de los aires acondicionados de la central telefónica celular de Telefónica S.A., Colón en las áreas de Plataforma y NOKIA.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO**

- ✱ Identificar el proceso por medio de:
  - Planos
  - Equipos
  - Trabajos realizados
  - Definir variables del proceso
- ✱ Evaluar el estado actual del sistema de enfriamiento dentro de la central telefónica de Colon.
- ✱ Diseñar una estrategia de control para la central de conmutación.
  - Seleccionar: equipos, sensores, actuadores, microswitch, etc.
  - Estrategia: control, telecomunicaciones.
- ✱ Suministrar el diseño de control, planos, diagrama de flujo del programa de control y especificaciones básicas de los equipos de control.

### **3. JUSTIFICACIÓN**

Debido a los problemas de servicio, congestión de tráfico, inestabilidad de las llamadas y deterioro de los equipos conmutados, en la central telefónica celular del barrio Colón, la empresa Telefónica S.A., ha decidido permitir el desarrollo del presente proyecto, con el fin de encontrar una solución de ingeniería tendiente a garantizar un funcionamiento confiable y permanente de los sistemas de aire acondicionado en las salas Nokia y de plataforma, de forma totalmente automática y redundante durante las 24 horas del día, los 365 días del año.

El desarrollo de este proyecto se traduce en mejorar la calidad del servicio telefónico prestado por la empresa, trayendo con ello beneficios económicos para la misma.

Adicionalmente, con este proyecto se está dando cumplimiento a los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente, para optar al título de Ingeniero Electrónico.

#### **4. METODOLOGÍA**

La metodología utilizada en éste proyecto se define en 4 etapas.

La primera etapa fue visitar las instalaciones y conocer cada área con sus respectivos equipos, su recurso humano, el funcionamiento de los sistemas de aire acondicionado en cada una de ellas, teniendo en cuenta los parámetros establecidos por los fabricantes.

En la segunda etapa, se elaboró un diseño del sistema de control, basado en la información recolectada en la primera etapa.

En la tercera etapa se llevó a cabo la escogencia y recomendación para la empresa de los dispositivos electrónicos y eléctricos requeridos para la implementación del sistema de control.

Finalmente, en la cuarta etapa se entregaron los diseños con la ingeniería básica y algunas recomendaciones tendientes a permitir el completo desarrollo de este proyecto.



## 5. MARCO TEORICO

### 5.1. DESCRIPCIÓN DE SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

El acondicionamiento del aire: es un proceso que enfría, limpia y circula el aire. En condiciones ideales este proceso se da de manera simultánea y está determinado por las leyes de la termodinámica.

5.1 2. El funcionamiento de aire acondicionado. En el proceso de funcionamiento del aire acondicionado intervienen los siguientes componentes, que se definen a continuación\*:

- \* Horario. Consiste en un temporizador el cual permite indicar cuando debe prender o apagarse el aire acondicionado.
- \* Termostato. Contacto eléctrico el cual se abre o se cierra cuando la temperatura de un recinto ha alcanzado la deseada por el usuario. Por medio de este dispositivo se activa la válvula de expansión y el compresor.
- \* Interruptores. Apagan el compresor cuando la presión es muy alta o muy baja; con el fin de evitar daños en las resistencias mecánicas de los componentes.

Los anteriores componentes tienen como función encender o apagar el equipo de aire acondicionado.

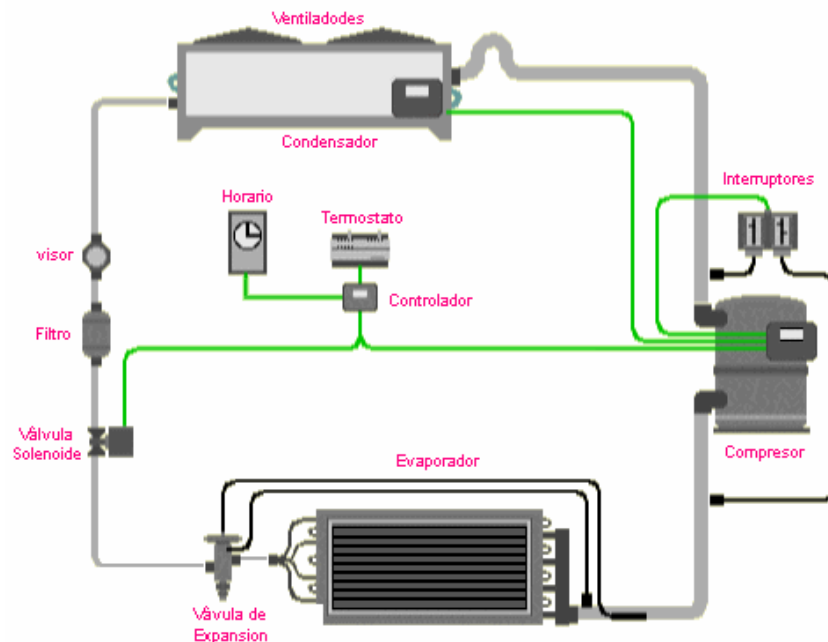
- \* Válvula Solenoide. Válvula que se abre cuando el termostato solicita una demanda de calefacción, mediante el paso del líquido refrigerante de condensadora hacia la evaporadora.
- \* Válvula Expansión. Regula la presión para obtener la temperatura requerida en la evaporadora, mediante un control de flujo que modula el nivel de refrigerante dentro del evaporador; esto varia dependiendo de: (1) cantidad del aire a climatizar; (2) la temperatura del aire y, (3) el grado de humedad relativa.
- \* Filtros. Se utilizan para eliminar los residuos o partículas metálicas que puedan contener el líquido refrigerante o el aire a climatizar.

---

\* Ver Figura 1. Sistema de funcionamiento completo de Aire acondicionado.

- \* Evaporadora. Como su nombre lo indica es aquí donde el aire del recinto cede el calor al líquido refrigerante, convirtiéndolo de estado líquido a gaseoso y enfriando el aire que atraviesa el serpentín.
- \* Compresor. Eleva la presión del gas refrigerante para luego condensarlo.
- \* Condensadora. Convierte el gas refrigerante en líquido.

**Figura 1.** Sistema de funcionamiento completo de Aire acondicionado



## 5.2. PLC (CONTROL LÓGICO PROGRAMADO)

Es un equipo electrónico que permite ser programado en un lenguaje lógico, diseñado para controlar en tiempo real y en ambientes industriales, procesos secuenciales. Este dispositivo, funciona a partir de la información obtenida de los sensores y del programa lógico interno, operando sobre los accionadores de la instalación.

Los campos de aplicación del PLC son muchos. Especialmente, aquellos en los que las instalaciones necesitan de procesos de maniobra, control, señalización, entre otros., donde se incluyen desde procesos de fabricación industrial de cualquier tipo hasta transformaciones industriales, control de instalaciones, etc. Puesto que dentro de las ventajas de este PLC, se encuentran su pequeño tamaño, su alta facilidad de montaje, su capacidad para almacenar los programas para su futura y rápida utilización, la versatilidad de los mismo, etc., por esto, se puede apreciar su eficacia en procesos donde se encuentran necesidades tales como: Espacio reducido, Procesos de producción periódicamente cambiantes, Procesos secuenciales, maquinaria de procesos variables, instalaciones de procesos complejos y amplios y Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.

Algunos de los ejemplos de aplicaciones generales son:

- \* Maniobra de máquinas.
- \* Maquinaria industrial de plástico.
- \* Máquinas de transferencia.
- \* Maquinaria de embalajes.
- \* Maniobra de instalaciones:
  - Instalación de aire acondicionado, calefacción...
  - Instalaciones de seguridad.
- \* Señalización y control:
  - Chequeo de programas.
  - Señalización del estado de procesos.

Sin embargo, existen una serie de inconvenientes relacionados con la falta de programador por lo que se hace necesarios que uno de los técnicos aprenda a manejar el dispositivo, aunque actualmente los universitarios manejan esta información. Otro inconveniente puede ser el costo inicial del dispositivo.

Las funciones básicas de un PLC son:

- ✱ *Detección:* Lectura de la señal de los captadores distribuidos por el sistema de fabricación.
- ✱ *Mando:* Elaborar y enviar las acciones al sistema mediante los accionadores y preaccionadores.
- ✱ *Dialogo hombre maquina:* Mantener un diálogo con los operarios de producción, obedeciendo sus consignas e informando del estado del proceso.
- ✱ *Programación:* Para introducir, elaborar y cambiar el programa de aplicación del autómatas. El dialogo de programación debe permitir modificar el programa incluso con el autómatas controlando la maquina.

Otras de las nuevas funciones son:

- ✱ *Redes de comunicación:* Permiten establecer comunicación con otras partes de control. Las redes industriales permiten la comunicación y el intercambio de datos entre autómatas a tiempo real. En unos cuantos milisegundos pueden enviarse telegramas e intercambiar tablas de memoria compartida.
- ✱ *Sistemas de supervisión:* También los autómatas permiten comunicarse con ordenadores provistos de programas de supervisión industrial. Esta comunicación se realiza por una red industrial o por medio de una simple conexión por el puerto serie del ordenador.
- ✱ *Control de procesos continuos:* Además de dedicarse al control de sistemas de eventos discretos los autómatas llevan incorporadas funciones que permiten el control de procesos continuos. Disponen de módulos de entrada y salida

analógicas y la posibilidad de ejecutar reguladores PID que están programados en el autómata.

- \* *Entradas- Salidas distribuidas:* Los módulos de entrada salida no tienen porqué estar en el armario del autómata. Pueden estar distribuidos por la instalación, se comunican con la unidad central del autómata mediante un cable de red.
- \* *Buses de campo:* Mediante un solo cable de comunicación se pueden conectar al bus captadores y accionadores, reemplazando al cableado tradicional. El autómata consulta cíclicamente el estado de los captadores y actualiza el estado de los accionadotes.

## 6. MARCO CONCEPTUAL

### 6.1 DEFINICIONES:

- \* Capacidad de enfriamiento. Capacidad que tiene el equipo para remover el calor de un espacio cerrado, en watts.
- \* Equipo tipo dividido. Es un equipo de aire acondicionado tipo central en el cual uno o más de los componentes principales son separados unos de otros y que son diseñados para trabajar en conjunto.
- \* Equipo tipo paquete. Es un equipo de aire acondicionado tipo central, en el cual todos los componentes principales son acoplados en un solo gabinete.
- \* Condensador. Es la parte del equipo encargada de realizar la compresión del refrigerante para ayudar al proceso termodinámico de enfriamiento del aire requerido para acondicionar el espacio.
- \* Evaporador. Es la parte del equipo donde se hace la transferencia de calor con el medio exterior al área requerida.
- \* BTU (British Thermal Unit). Es la cantidad de calor para elevar en un grado Fahrenheit una libra de agua (de 59°F a 60°F). Equivalencias:  $-3.967 \text{ BTU} = 1 \text{ Caloría}$  = 4 BTU.
- \* OMU (Operation and Maintenance Unit). Es la interfaz entre el operador de la red y el equipo. Almacena el software utilizado por las BTS, recopila datos estadísticos y alarmas.
- \* GSWB (Bit Oriented Group Switch). Conmutar los canales de voz desde las BTS hacia las líneas troncales y viceversa, así como extraer o insertar la señalización necesaria.
- \* MCMU (Marker and Cellular Mangement Unit) Controla y supervisa la unidad GSWB. Le indica cuando debe establecer, mantener o finalizar una conexión.

## **7. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES**

La central de comunicaciones de Movistar ubicada en la ciudad de Cali, en el barrio Colon, consta de 7 áreas nombradas a continuación:

- \* SALA NOKIA: equipos de nueva generación tecnología GSM pospago.
- \* PLATAFORMA: equipos de nueva generación tecnología GSM pospago.
- \* CENTRAL TDMA Y CDMA: equipos de tecnología anterior encargados de la telefonía pre y post pago.
- \* M.O + EQ. FUERZA: equipos rectificadores de AC – DC , UPS, y banco de baterías.
- \* TELEMÁTICA: equipos de computadores para monitoreo y configuración de la red.
- \* OFICINAS: personal encargado de: manejo técnico y administrativo, diseño de red.
- \* OPERADORES EXTERNOS: equipos de comunicación otras compañías que permite la comunicación entre ellos.

De las áreas anteriormente mencionadas, debido a la importancia que tienen para el funcionamiento de la central, solamente se afrontará en este proyecto la automatización de los equipos de aire acondicionado de las salas NOKIA y PLATAFORMA.

## 8. ESTADO ACTUAL DE LAS AREAS A AUTOMATIZAR

Actualmente cada una de las Áreas NOKIA Y PLATAFORMA cuenta con dos aires acondicionados cada una. El manejo de éstos, se hace de manera manual, es decir, hay un operario que se encarga de graduar la temperatura de cada uno de los termostatos que contienen éstos.

Para cada área, el operario debe graduar uno de los termostatos con valor mínimo dado por el fabricante, y el otro, cinco grados más arriba del anterior.

Estás áreas cuentan con dos alarmas, las cuales funcionan por medio de relays, entre ellas están:

- \* Alarma de temperatura: Envía una señal de alerta cuando la temperatura sobrepasa el valor mínimo establecido por el fabricante.
- \* Alarma de Falla: Envía una señal de alerta cuando se activan los interruptores.

### 8.1. INFORMACIÓN DE LOS FABRICANTES.

En el siguiente cuadro se expone la situación de climatización de la central por áreas, para entender este cuadro es necesario revisar el cuadro de análisis de cargas térmicas por RACK (ver anexo2).

**Tabla 1.** Información de cargas térmicas para las salas a climatizar.

Análisis De Cargas Térmicas					
TON/RACK	AREA	TONELADAS A. A EXISTENTE	TONELADAS A DISIPAR	BTUS A DISIPAR	# RACKS
0,4	SALA NOKIA	10	12,8	160768	32
0,4	PLATAFORMA	10+10	14	175840	35

**Fuente:** proveedores de Nokia; Especificación de la central de colón de telefónica S.A., Santiago de Cali, 2006. (Ver Anexo 1.)



## 8.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS EQUIPOS Y LAS ÁREAS A CLIMATIZAR.

La primera área es la Nokia, con una superficie de  $99 \text{ m}^2$ , dos equipos de aire acondicionado de marca: LG modelo: LN C06025A0A. El refrigerante utilizado es el R22, con las siguientes características:

- \* Acondicionador de aire dividido
- \* Capacidad de refrigeración: 58000 BTU/ H.
- \* Potencia de 6000W.
- \* Corriente de 28 A.
- \* Voltaje de 220V.

La segunda área es Plataforma, con una superficie de  $60 \text{ m}^2$ , consta de 2 equipos de aire acondicionado con las anteriores características.

## 8.3. CÁLCULOS DE VERIFICACIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO.

Los cálculos que se realizaron se basan en la información de los proveedores para cada una de las áreas. Para ello, se empleó un método sencillo que es llamado *método práctico*, que consiste en la estimación de la carga proveniente de los equipos de aire acondicionado; con el fin de contrarrestar la carga térmica de cada salón. De este método se obtuvieron los siguientes datos:

### **Sala Nokia:**

- \* # Área:  $99 \text{ m}^2$        $CA = 99 \text{ m}^2 / 16 = 7,615$  “(A/20) Templado; (A/16) Cálido.”
- \* # Personas: 4               $CP = (4 \times 5) / 120 = 0,166$
- \* # Equipos: 32 RACK, CE = 12,8 dato dado por el fabricante

Donde: CA = Carga térmica del Área, CP = Carga térmica de Personas, CE = Carga térmica de Equipos. Luego la carga térmica total (CT) sería = CA + CP + CE.

$$CT = 7,615 + 0,166 + 12,8$$

$$CT = 20,581$$

$$CT \approx 20 \text{ TNR.}$$

Se utilizó un rango de tolerancia por frustraciones de temperatura debido a un aumento del CT, para ello se maneja  $K=1, 2$ ; y se definen la capacidad de los aires acondicionados, se encontró:

$$\text{Aire Acondicionado} \approx K \times CT = 24 \text{ TNR}$$

Por su parte, en la **Sala Plataforma** se hallaron los siguientes datos:

\* #Área:  $60\text{m}^2$

$$CA = 60\text{m}^2 / 16 = 3.7$$

\* #Personas: 4

$$CP = (4 \times 5) / 120 = 0.166$$

\* #Equipos: 35 RACK

CE = 14 dato dado por el fabricante

Luego la carga térmica (CT) sería = CA + CP + CE.

$$CT = 3,7 + 0,166 + 14$$

$$CT = 17,866$$

$$CT \approx 18 \text{ TNR.}$$

Donde: CA = Carga térmica del Área, CP = Carga térmica de Personas, CE = Carga térmica de Equipos. De acuerdo a lo mencionado para el cálculo anterior, el rango de tolerancia utilizado para este cálculo es también  $K=1, 2$ , resultando:

$$K \times CT = \text{Aire Acondicionado}$$

$$1,2 \times 18 \text{ TNR} = 21 \text{ TNR}$$

#### 8.4. EXIGENCIAS

De acuerdo con los cálculos realizados anteriormente, se concluye que las exigencias son:

- \* Los aires acondicionados de la **Sala Nokia** deben tener una carga térmica de 24 TNR, para que el funcionamiento de los equipos sea el adecuado. Actualmente los aires acondicionados no tienen la capacidad necesaria para cumplir con la carga térmica calculada, ya que la capacidad de cada uno de los equipos es de 5 TNR y deben funcionar los 2 equipos al mismo tiempo. De este modo, no se cumple con los requerimientos mínimos dados por el fabricante.
- \* Para el área **Plataforma** se encontró que la exigencia de los aires acondicionados debe tener una carga térmica de 18 TNR, para los cuales los dos aires cumplen con los requerimientos dados por los fabricantes ya que cada uno de los aires tienen una capacidad de 20 TNR.

## **9. ESTRATEGIA DE CONTROL**

### **9.4. REQUERIMIENTOS PARA EL SISTEMA DE CONTROL.**

Para que cada área cumpla con los estándares establecidos por la empresa Movistar, debe cumplir con los siguientes requerimientos:

- \* En condiciones normales la temperatura debe ser de 24 °C.
- \* Tener dos sistemas de aires acondicionados, uno en operación y otro en Stand by.
- \* Los equipos de aire acondicionado no deben prender, si presentan alguna falla.
- \* Facilidad para efectuar pruebas de funcionamiento sobre el equipo que se encuentre de respaldo.
- \* El panel de monitoreo debe tener alarmas de detección de temperatura ambiental, del equipo de aire acondicionado y del control del PLC.
- \* Los sistemas de aire acondicionado deben funcionar de manera manual o automática.
- \* El PLC debe permitir programar las rutinas de funcionamiento con un cronograma de encendido y apagado de cada uno de ellos.

De acuerdo con los requerimientos anteriormente relacionados, se propone el siguiente sistema de control, que se encarga del encendido y apagado de dos aires acondicionados por sala. Donde uno de ellos debe ponerse en funcionamiento mientras que el otro queda a la espera de lo estipulado por el sistema de control, que por medio de un horario establece el intercambio de equipo o cuando se active una alerta acciona el encendido de ambos equipos. También, este sistema de control permite realizar pruebas de funcionamiento de cada uno de los equipos de aire acondicionado durante un tiempo determinado por el operario el cual puede ser programado por el mismo. El sistema, puede además pasarse a modo manual para que los equipos funcionen sin el controlador, en caso de que el problema se encuentre en éste.

La señalización que posee el controlador para cada una de las funciones expuestas anteriormente, permite determinar de modo visual señales de alarmas\* (por temperatura, falla de equipos de aire acondicionado y falla por controlador) y funcionamiento (encendido/apagado) de ambos equipos de aire acondicionado. Otra ventaja de este controlador, es que por medio de una pantalla LCD puesta en el interior de la caja, muestra un mensaje escrito del estado actual en que se encuentra.

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, el sistema de control de aire acondicionado para las salas Plataforma y Nokia, requiere de un equipo eléctrico, programable, con entradas y salidas digitales que permita un proceso de maniobra, control y señalización, acorde con las exigencias térmicas tanto para equipos como operadores de estos espacios. El hecho de ser programable hace posible la flexibilidad ante el incremento de equipos u operarios. Por otra parte, el controlador seleccionado debe permitir un fácil entendimiento y manejo a usuarios y personal técnico de mantenimiento y finalmente el controlador seleccionado debe cumplir con las normas de calidad o en su defecto con un controlador homologado por entidades reconocidas a nivel mundial.

Por lo anterior se sugiere utilizar un PLC con:

- \* Alimentación 115-240 V CA/CC.
- \* Frecuencia de red admisible 47- 63 Hz.
- \* Entradas: 8 digitales o análogas.
- \* Salidas: 4 x 230 V tipo relé de 10 A.

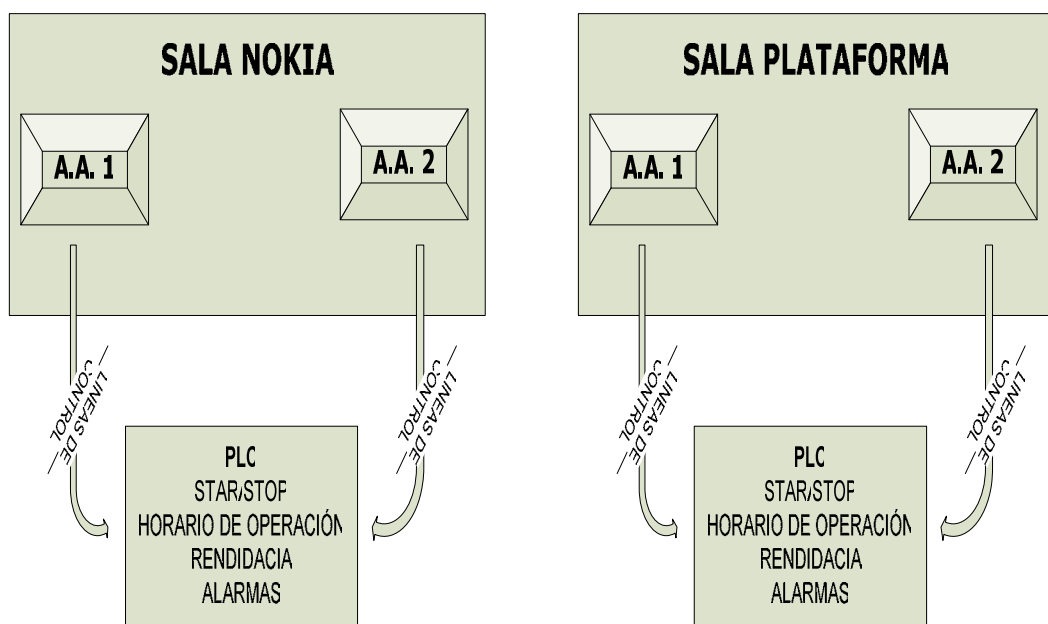
Para mayor claridad sobre el diseño propuesto, se muestran en los Anexos 3 y 4 respectivamente, el plano del controlador y el diseño del panel de funcionamiento y monitoreo.

---

\* Ver Anexo 2.

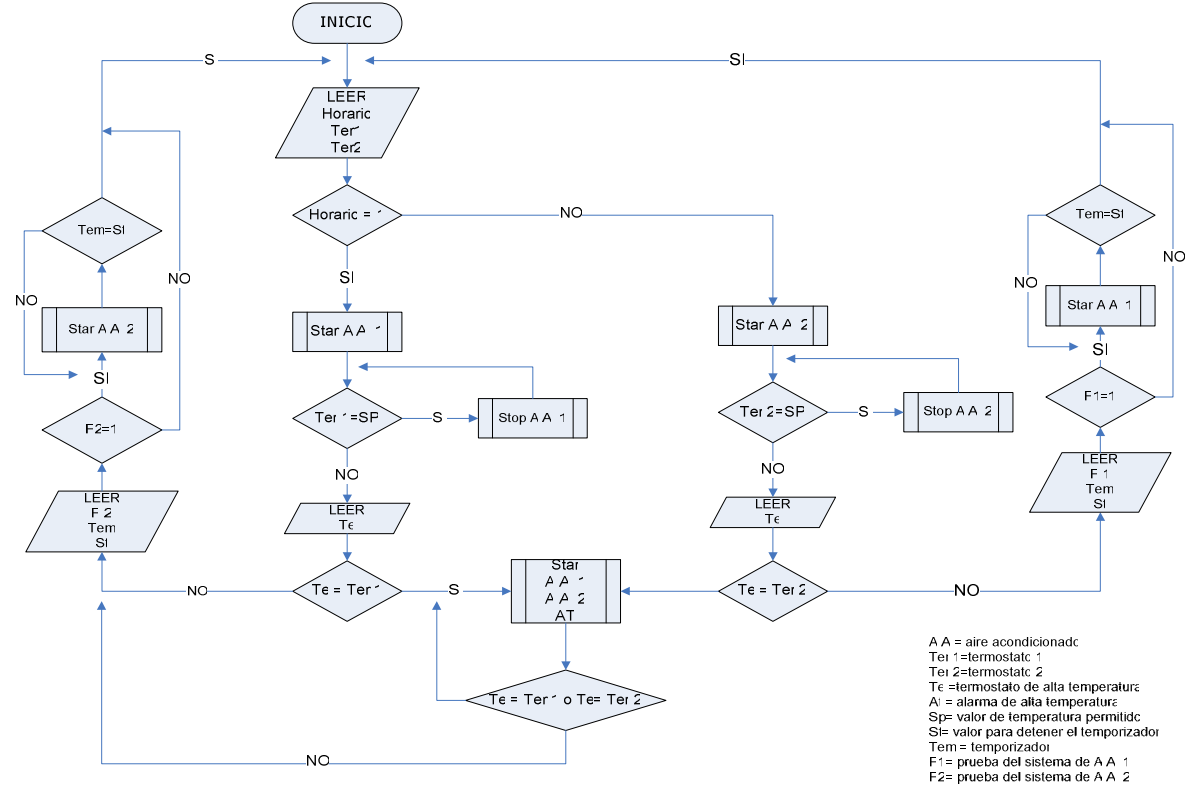
Finalmente, se presenta un diagrama de bloques donde se muestra la conectividad del PLC con los equipos de aire acondicionado y un diagrama de flujo donde se muestra la secuencia del programa descrito para el PLC\*:

**Figura 2.** Diagrama de bloques del las salas



\* Ver Anexos 5 y 6. Entradas y salidas del PLC y el programa para el mismo.

**Figura 3. Diagrama de flujo del programa de control\*.**



\* Ver también Anexos 7, 8 y 9.

## **10. PRUEBAS Y ENSAYOS DE RIGOR**

Después de haber generado el diseño del control y los planos, se procedió a la simulación, que se hizo por medio del programa “*LOGO!SOFT COMFORT V 4.0*” de la *SIEMENS*, como se había mencionado anteriormente. Como resultados obtenidos del mismo, se anexa el programa del logo! (Ver Anexo 7 Y 8 ), donde se evidencian las pruebas realizadas y los ensayos de rigor.



## 11. PRESUPUESTO

**Tabla 3.** Costo de los recursos utilizados.

Recurso	Existente	Solicitado
Elementos de escritorio y papelería	54.000.00	
Comunicaciones (teléfono, fax, correo, Internet, etc.)	247.000.00	
Bibliografía	25.000.00	
Transporte y gastos de viaje	160.000.00	
<b>Software</b>		
KarnoughMap V 1.2		descarga Gratis
logo!soft comfort v 4.0	297.300.00	
B2logic V 3.0.19		descarga Gratis
<b>Equipos de Laboratorio</b>	\$1'000.000.00	
<b>Horas hombre de ingeniería</b>		
Álvaro Enrique Tejada	\$750.000.00	
<b>Horas Asesor</b>		
	\$886.480.00	
Horas solicitadas 2 x semana		
<b>Horas Director</b>		
	\$886.480.00	
Horas solicitadas 2 x semana		
<b>Sub Total:</b>	<b>\$4.306.250.00</b>	
<b>Total:</b>	<b>\$\$4.306.250.00</b>	

## **12. CONCLUSIONES**

La solución planteada para la automatización del sistema de aire acondicionado fue la implementación de un sistema de control por medio de un PLC, que permitiera realizar las funciones necesarias tanto para el funcionamiento eficaz de los equipos como para su mantenimiento; debido que este tipo de dispositivo es un equipo que se encuentra homologado, lo que se constituye como garantía de su funcionamiento y rendimiento. Del mismo modo, su versatilidad y bajo costo lo hacen el dispositivo indicado para los requerimientos de la empresa.

En este sentido con la automatización realizada genera un ahorro de tiempo para los ingenieros y técnicos encargados de sistema de aires acondicionados, pues permite que éstos puedan programar el modo de funcionamiento y el tiempo adecuado para su mantenimiento, permitiéndoles llevar a cabo otras labores que necesiten de su presencia permanente.

## 11. RECOMENDACIONES

De todo lo expuesto anteriormente se plantearon las siguientes recomendaciones:

- \* Debido a la Insuficiencia demostrada en los cálculos de la capacidad instalada en los sistemas de aire acondicionado de las sala Nokia, se recomienda la adquisición de un equipo de aire acondicionado de 24 toneladas refrigeradas, de tal manera que se pueda garantizar la temperatura requerida.
- \* Se ha logrado establecer que el mantenimiento a los equipos de aire acondicionado se hace solo cuando se evidencian problemas de funcionamiento en el mismo, se recomienda dar una mayor regularidad a fin de consolidar un mantenimiento preventivo y no correctivo, ya que este último puede resultar mucho más costoso para la empresa.
- \* Adelantar una identificación precisa y clara de las áreas a las cuales climatizan cada uno de los equipos de aire acondicionado para las diferentes partes de la central telefónica, ya que no se encuentran demarcados.

## BIBLIOGRAFÍA

Cálculo de cargas térmicas [en línea]: física. Venezuela: Gustavo José Tudare Prado, 2000 [Consultado 2 de abril, 2006]. Disponible por Internet:  
<http://www.monografias.com/trabajos4/cargasterm/cargasterm.shtml>

Curso Interactivo Multimedia [videgrabación]: La Refrigeración en Aires Acondicionados. España: Perfectimm. Inc, 1999. 1 CD (30 min.)

ELONKA, Michael Stephen; MUNICH, Walton Quaid. Refrigeración y Acondicionamiento de aire: Preguntas y Respuestas. 3 ed. México: McGraw-Hil, 1989. 423 p.

Instalaciones térmicas en los edificios [en línea]: instrucción técnica complementaria ite 03 cálculo. España: ministerio de presidencia, 1998 [Consultado el 25 Febrero de 2006]. Disponible en Internet:  
[http://www.mtas.es/insht/legislation/RD/rite\\_ite\\_03.htm#ite03\\_01](http://www.mtas.es/insht/legislation/RD/rite_ite_03.htm#ite03_01).

LEA M. susan; BURKE Robert John. La naturaleza de las cosas: Termodinámica. Tomo 1, Vol. 1. México: ediciones Internacional Thomson editores, 1999. 754 p.

Aire acondicionado y refrigeración [en línea]: Como funciona un Aire Acondicionado. México: Mendoza Rodriguez Adan, 2000 [Consultado el abril 2 2006]. Disponible en Internet:  
<http://www.monografias.com/trabajos/aireacondi/aireacondi.shtml>

PITA G. Edgar. Acondicionamiento de Aire: Principios y Sistemas. 2 ed. México: ediciones Compañía Editorial Continental, S.A de C.V, 1994. 548 p.

Redes de Siemens [en línea]: Modulo lógico. Colombia: Siemens, 2006 [Consultado el abril 10 2006]. Disponible en Internet:  
[http://www.automation.siemens.com/logo/index\\_76.html](http://www.automation.siemens.com/logo/index_76.html)

SERWAY, Raymond A. FISICA: termodinámica. Tomo 1. 4 ed. México: ediciones McGraw-Hil, 1996. 649 p.

## ANEXOS

**Anexo 1. Tabla de análisis de cargas térmicas por rack.**

ELEMENTO	QTY ELEMENTOS	RACKS POR ELEMENTO	DIMENSIONES POR RACK (Alto x Ancho x Largo)	DISIPACION DE CALOR ELEMENTO	CONSUMO DE ENERGIA ELEMENTO	CONSUMO TOTAL ELEMENTOS	DISIPACION DE TOTAL CALOR ELEMENTOS BTUs	DISIPACION DE TOTAL CALOR ELEMENTOS TON A DISIPAR
<b>Equipo Nokia</b>								
Call Server (Nokia) MSS	1	4	200 x 60 x 390 [cm]	15713 [BTU]	4600W	9200W	15713 [BTU]	1 [TON]
Media Gateway (Nokia) MGW	2	3	185 x 60 x 270 [cm]	32736 [BTU]	9600 [W]	19200W	65472 [BTU]	5 [TON]
HLR (Nokia)	1	7	200 x 60 x 660 [cm]	32736 [BTU]	6650 [W]	13300W	32736 [BTU]	3 [TON]
Transcoder (Nokia)	12	1	200 x 50 x 90 [cm]	2080 [BTU]	940W	11280W	24960 [BTU]	2 [TON]
BSC (Nokia)	6	1	200 x 60 x 120 [cm]	6056 [BTU]	1800W	14400W	36336 [BTU]	3 [TON]
							175217 [BTU]	14 [TON]
							<b>TON/RACK</b>	<b>0,398582803</b>

Fuentes de información:

Archivo de especificaciones técnicas suministradas por Nokia.

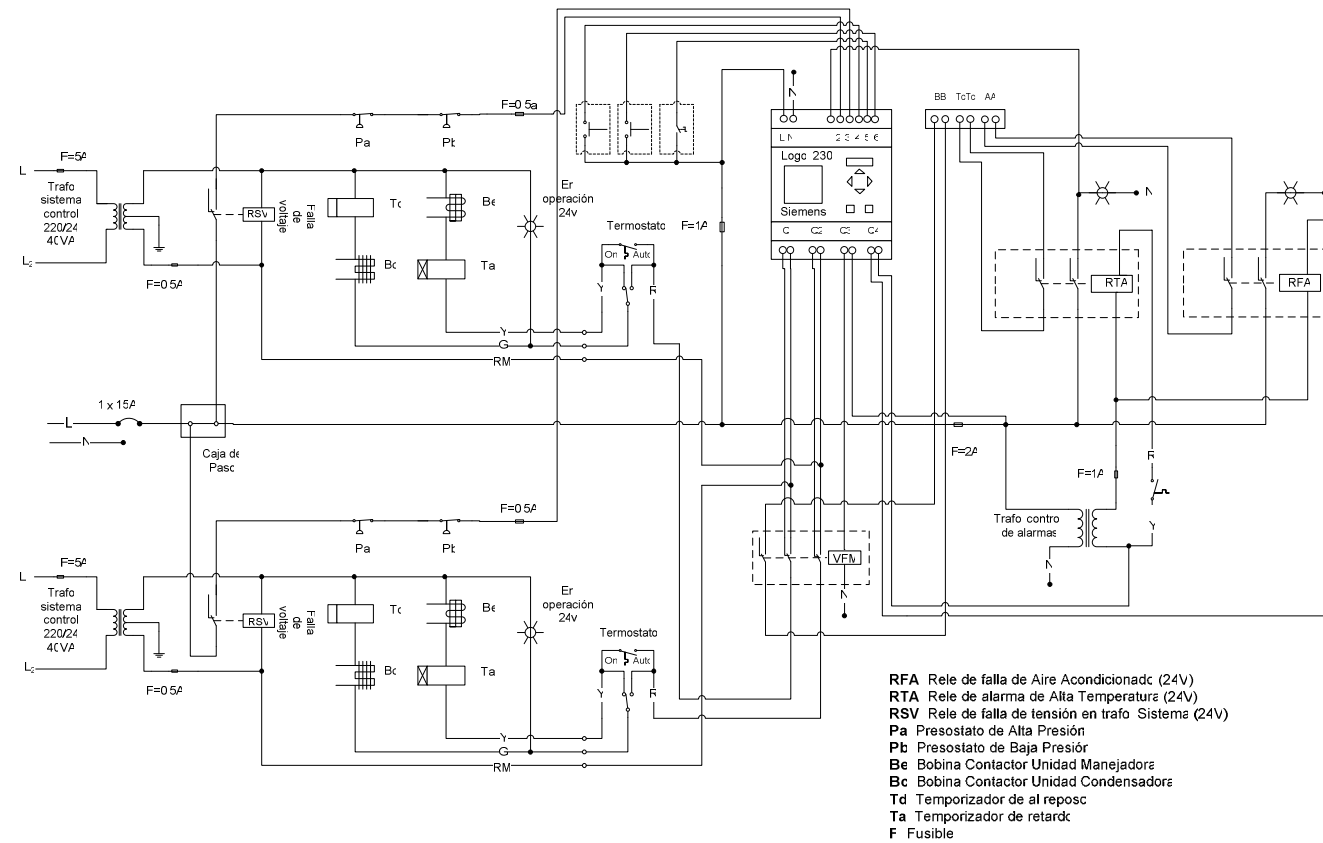
## **Anexo 2. Funcionamiento de las alarmas.**

Para el funcionamiento de las alarmas se implementó un sencillo circuito, por medio de relees que interrumpe el paso de la corriente. Estos contactos, son llevados a los equipos encargados de la red celular, debido a la ausencia de salidas en el logo!.

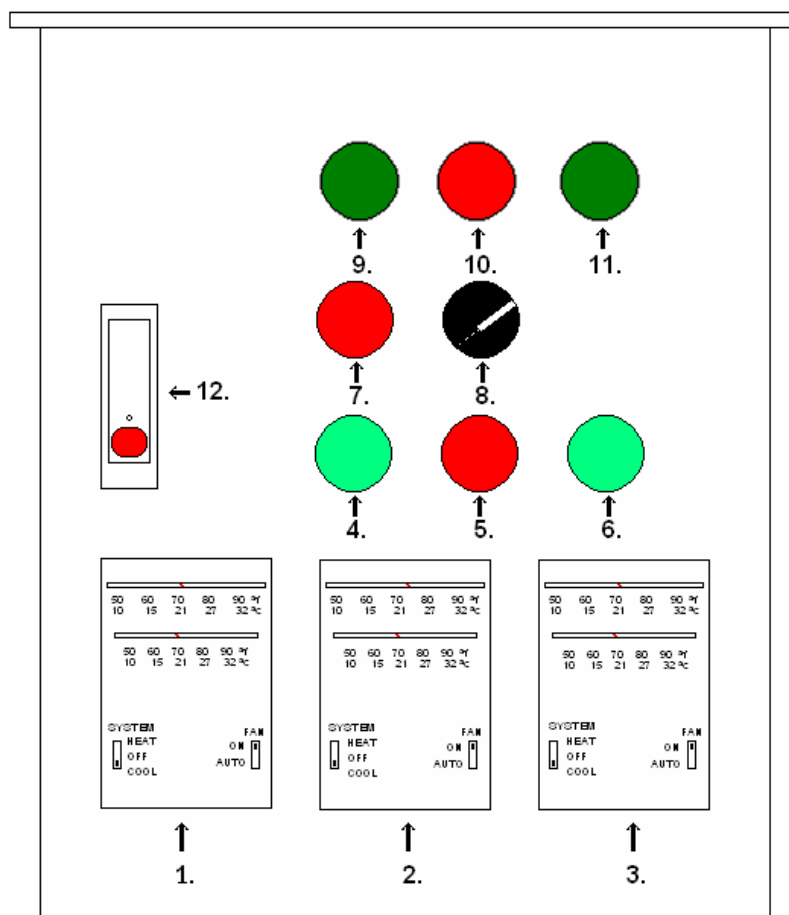
Hay dos formas de transmitir estas alarmas; una de ellas es mandar la señal a la BASE STATION CONTROLLER (BSC) la cual maneja 9 alarmas externas y solo ingresan a él por un conector DB25, este equipo a su vez se comunica con Operation and Maintenance Unit (OMU) la cual manda la señal de alarma por una red LAN al centro de gestión en Bogotá, en donde hay un operador encargado de vigilar todas estas alarmas y avisar por e-mail y mensajes de texto a los celulares de los ingenieros de operaciones.

La segunda manera, que se constituye como más recomendada es el envío de la señal por la GSWB (Bit Oriented Group Switch) por que a diferencia de la BASE STATION CONTROLLER (BSC) esta envía la señal de alarma a un semáforo dentro de switch. De esta manera, los ingenieros de operaciones se dan cuenta más rápidamente que los de servicio de gestión en Bogotá, por motivos de seguridad de la empresa no se puede dar mayor información a cerca de este servicio.

### Anexo 3. Plano del sistema de control.



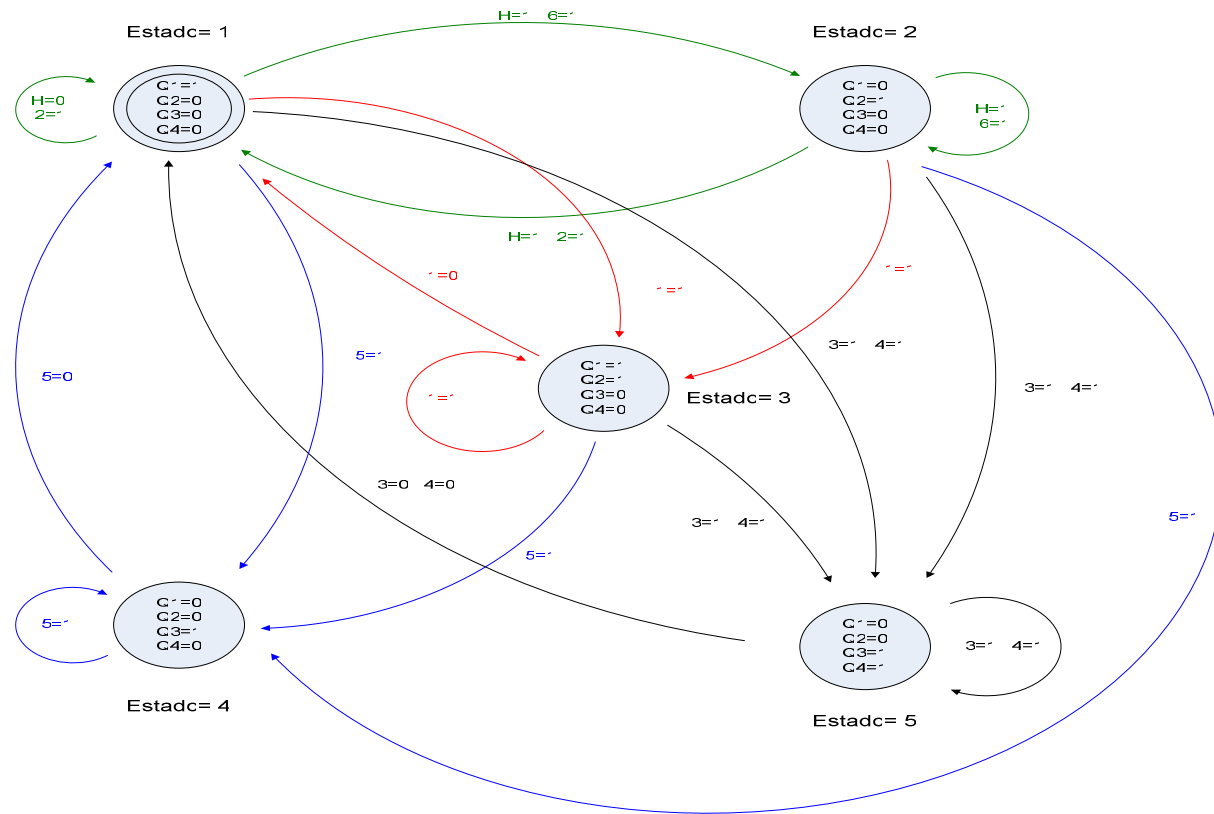
## Anexo 4. Tablero de operación.



1. *Termóstato del sistema No 1:* Envía la señal cuando la temperatura excede el valor predeterminado (normalmente 21 °C) para que sistema No 1 empiece su funcionamiento.
2. *Termóstato de alta temperatura:* Envía una señal al control para que entren en operación los dos sistemas cuando la temperatura excede el valor predeterminado (Normalmente 29 °C).
3. *Termóstato del sistema No 2:* Envía la señal cuando la temperatura excede el valor predeterminado (normalmente 21 °C) para que sistema No 2 empiece su funcionamiento.
4. *Piloto de señalización:* Se enciende cuando esta en funcionamiento el sistema No 1.
5. *Piloto de señalización:* Se enciende cuando el termostato 2 indica alta temperatura.
6. *Piloto de señalización:* Se enciende cuando esta en funcionamiento el sistema No 2.
7. *Piloto de señalización:* se enciende cuando se tiene una falla de aire acondicionado, y solo se apaga después de reparada la falla.
8. *Switch:* Para elegir la operación del sistema, manual ó automático, en manual operan los dos sistemas, en automático funciona solo uno y se intercambian de acuerdo a lo programado.
9. *Pulsador de prueba No1:* Al dar un pulso, el sistema No 1 entran en operación por un tiempo determinado.
10. *Pulsador de reset:* Al dar un pulso detiene la prueba.
11. *Pulsador de prueba No2:* Al dar un pulso, el sistema No 2 entran en operación por un tiempo determinado.
12. *Cerradura :* Presionado se abre la puerta de caja



## Anexo 5. Diagrama de estados.



#### **Anexo 6. Diagrama de estados y ecuaciones del programa.**

- Estado 1: Define el equipo de aire acondicionado a trabajar de pendiendo del horario si es una prueba de las equipos.
- Estado 2: Define el equipo de aire acondicionado a trabajar de pendiendo del horario si es una prueba de las equipos.
- Estado 3: Enciende todos los equipos de aires acondicionado por alarma de alta temperatura.
- Estado 4: Cambio de modo automático a manual.
- Estado 5: falla de presostatos de los aires acondicionados.

#### **Condiciones iniciales:**

Cuando Horario = 0, Salida 1 =1, Salida 2 =0

Cuando Horario = 1, Salida 1 =0, Salida 2 = 1

#### **Ecuaciones:**

$$Q_1 = (I_3 + H/I_1 + I_6/H + I_6/I_1) + I_3 + Q_3$$

$$Q_2 = (I_3 + H/I_1 + I_6/H + I_6/I_1) + I_4 + Q_3$$

$$Q_4 = I_3/I_4$$

$$Q_3 = I_5 Q_4$$

## **Anexo 7. Definición de entradas y salidas para logo!**

### **➤ Entradas**

- I<sub>1</sub>:** Alarma de alta temperatura (RTA).
- I<sub>2</sub>:** Pulsador de prueba (sistemas 1).
- I<sub>3</sub>:** Daño en fusible o presostatos de alta o baja del sistema 1 A.A.
- I<sub>4</sub>:** Daño en fusible o presostatos de alta o baja del sistema 2 A.A.
- I<sub>5</sub>:** Cambio a modo automático o manual.
- I<sub>6</sub>:** Pulsador de prueba (sistemas 2).

### **➤ Salidas**

- Q<sub>1</sub>:** Sistema 1 de aires acondicionado.
- Q<sub>2</sub>:** Sistema 2 de aires acondicionado.
- Q<sub>3</sub>:** Modo automático o manual (VFM).
- Q<sub>4</sub>:** Alarma de falla de aire acondicionado.

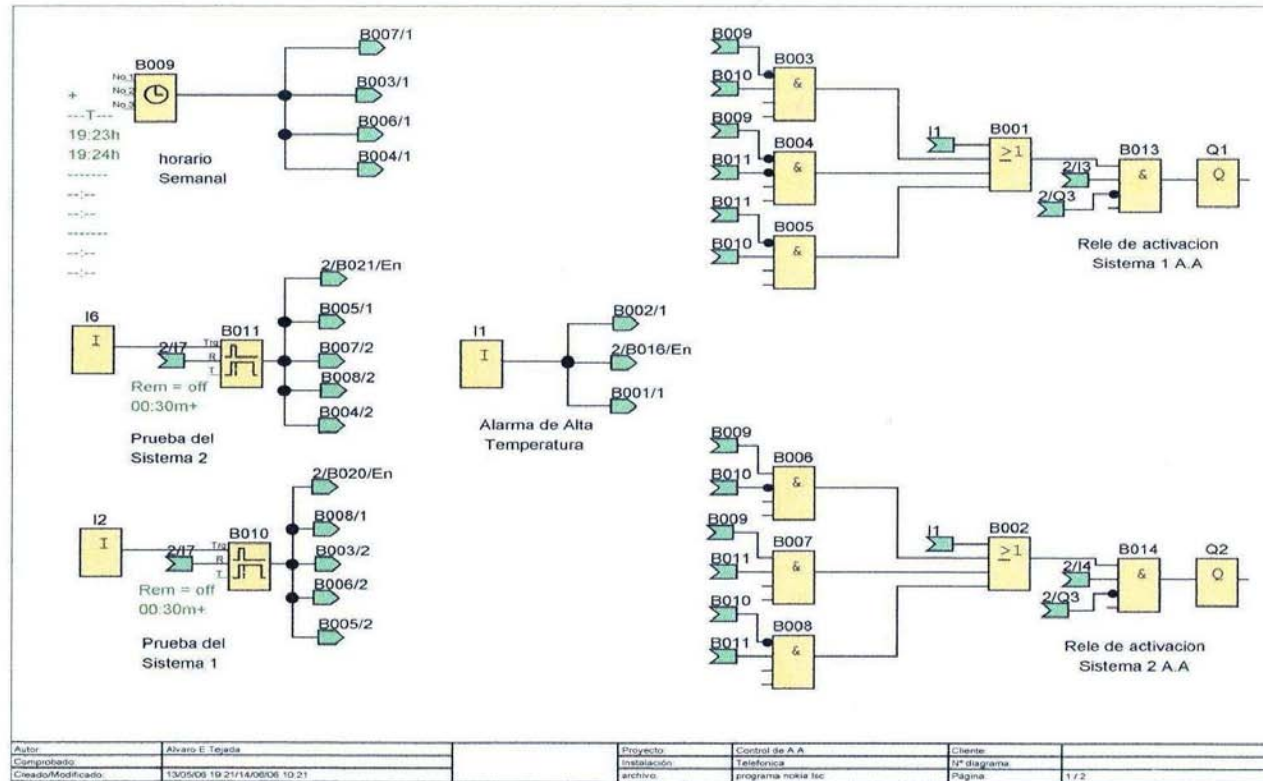
También se implementaron tres relees auxiliares para la identificación de las alarmas, debido a la deficiencia de salidas del logo! (230), éstas son:

**Tc-Tc:** Alta temperatura.

**A-A:** falla de aire acondicionado (alta o baja presión, aire sin alimentación, etc.)

**B-B:** falla en el control del aire acondicionado.

## Anexo 8. Programa para el plc (logo230xx).



## Anexo 9. Continuación del programa para el plc (logo230xx)

